

PUBLICATION NUMBER : 08340156
PUBLICATION DATE : 24-12-96

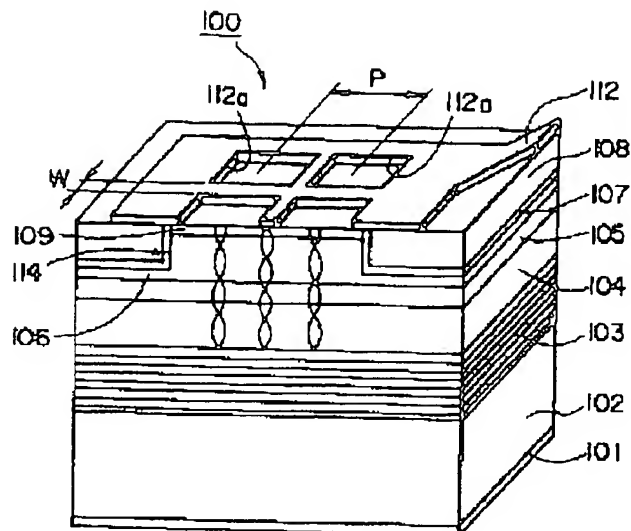
APPLICATION DATE : 13-06-95
APPLICATION NUMBER : 07170356

APPLICANT : SEIKO EPSON CORP;

INVENTOR : KANEKO TAKEO;

INT.CL. : H01S 3/18 H01L 33/00 H01S 3/105

TITLE : SURFACE EMITTING TYPE
SEMICONDUCTOR LASER



ABSTRACT : PURPOSE: To provide a surface emitting type semiconductor laser of a structure, wherein a luminous spot on a laser luminescent surface is suitable for arranging in close proximity to an object.

CONSTITUTION: One pair of first and second reflecting mirrors 103 are formed on the side of the surface of a semiconductor board 100 with a first electrode 101 formed on its rear and multilayer semiconductor layers 104, 105, 106 and 109 are provided between the mirrors 103. The second clad layer 106 and the contact layer 109 among these multilayer semiconductor layers are etched into a columnar form and are formed into a columnar part 114 and insulative buried layers 107 and 108 are formed on the periphery of this columnar part 114. A second electrode 112, which is formed on the side of the end face of the part 114 and is located on the beam emitting side of a laser, has a plurality of apertures 112a facing the end face of the part 114 and the peripheral edge parts of the apertures 112a are made contact with the end face of the part 114. A second reflecting mirror 112 is formed in such a way as to cover the apertures 112a.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-340156

(43) 公開日 平成8年(1996)12月24日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F 1

技術表示箇所

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

Z

H 0 1 S 3/105

H 0 1 S 3/105

審査請求 未請求 請求項の数15 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平7-170356

(22) 出願日 平成7年(1995)6月13日

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 近藤 貴幸

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 森 克己

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 金子 丈夫

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

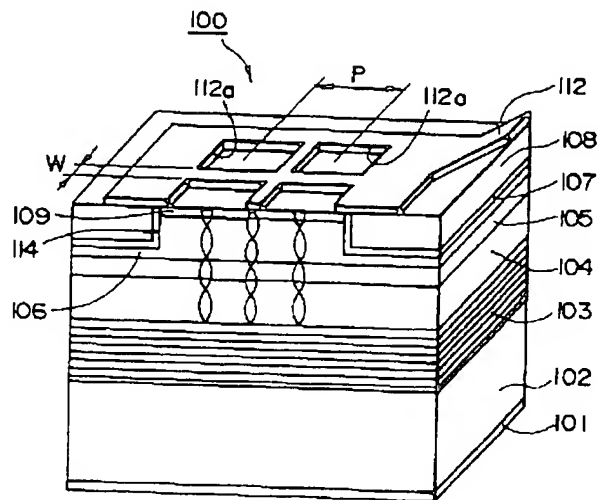
(74) 代理人 弁理士 井上 一 (外2名)

(54) 【発明の名称】 面発光型半導体レーザ

(57) 【要約】

【目的】 レーザ発光面上の発光スポットを近接配置するのに適した構造の面発光型半導体レーザを提供すること。

【構成】 裏面に第1の電極101が形成された半導体基板100の表面側に一対の第1、第2の反射ミラー103、111が形成され、その間に多層の半導体層104、105、106、109が設けられる。この多層の半導体層のうち第2クラッド層106、コンタクト層109が柱状にエッチングにされて柱状部分114となり、この柱状部分114の周囲に絶縁性の埋込み層107、108が形成されている。柱状部分114の端面側に形成される光出射側の第2の電極112は、柱状部分114の端面に臨んで複数の開口部112aを有し、各々の開口部112aの周縁部が柱状部分114の端面とコンタクトされている。各開口部112aを覆って第2の反射ミラー112が形成される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板と垂直な方向にレーザ光を発振する面発光型半導体レーザにおいて、

前記半導体基板の下側に形成された第 1 の電極と、

前記半導体基板上に形成された第 1 の反射ミラーと、

前記第 1 の反射ミラー上に形成され、少なくとも活性層及びクラッド層を含む多層の半導体層と、

前記多層の半導体層のうち、少なくとも前記クラッド層が柱状にエッチングされて形成される柱状部分と、

前記柱状部分の周囲に埋め込まれた絶縁性の埋込み層と、

前記柱状部分の端面に臨んで複数の開口部が形成され、各々の前記開口部の周縁にて前記柱状部分の端面とコンタクトされる第 2 の電極と、

前記第 2 の電極の複数の前記開口部を覆って形成された第 2 の反射ミラーと、を有することを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項 2】 半導体基板と垂直な方向にレーザ光を発振する面発光型半導体レーザにおいて、

前記半導体基板の下側に形成された第 1 の電極と、

前記半導体基板上に形成された第 1 の反射ミラーと、

前記第 1 の反射ミラー上に形成され、少なくとも活性層及びクラッド層を含む多層の半導体層と、

前記多層の半導体層のうち、少なくとも前記クラッド層が柱状にエッチングされて形成される柱状部分と、

前記柱状部分の周囲に埋め込まれた絶縁性の埋込み層と、

前記柱状部分の端面に臨んで光出射孔が形成され、前記光出射孔の周縁にて前記柱状部分の端面とコンタクトされる第 2 の電極と、

前記第 2 の電極の前記光出射孔を覆って形成された第 2 の反射ミラーと、

前記第 2 の電極の前記光出射孔内を複数の開口部に仕切る位置に配置され、該仕切り位置下方の領域で発振されるレーザ光の発振モードを、前記開口部と対向する領域で発振されるレーザ光の発振モードと異ならせる材質にて形成された仕切り部材と、

を有することを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項 3】 請求項 2 において、

前記仕切り部材は、前記多層の半導体層と異なる屈折率を持つ材質にて形成されていることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項 4】 請求項 2 において、

前記仕切り部材は、前記仕切り位置下方の領域で発振されるレーザ光の発振波長を、前記開口部と対向する領域で発振されるレーザ光の発振波長と異ならせる材質にて形成されていることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて、

隣接する前記開口部の中心間距離を、 $7\mu\text{m}$ 未満に設定

したことを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて、隣接する前記開口部の中心間距離を、 $5.5\mu\text{m}$ 以下に設定したことを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項 7】 請求項 6 において、

各々の開口部は、隣接する開口部の中心同士を結ぶ線と平行な一辺又は直径が、 $2\sim 5\mu\text{m}$ であり、

隣接する前記開口部間に位置する前記第 2 の電極又は前記仕切り部材は、隣接する開口部の中心同士を結ぶ線と平行な幅が、 $0.5\sim 3.5\mu\text{m}$ であることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項 8】 半導体基板と垂直な方向にレーザ光を発振する面発光型半導体レーザにおいて、

前記半導体基板の下側に形成された第 1 の電極と、

前記半導体基板上に形成された第 1 の反射ミラーと、

前記第 1 の反射ミラー上に形成され、少なくとも活性層及びクラッド層を含む多層の半導体層と、

前記多層の半導体層のうち、少なくとも前記クラッド層が柱状にエッチングされて形成される柱状部分と、

前記柱状部分の周囲に埋め込まれた絶縁性の埋込み層と、

前記柱状部分の端面に臨んで光出射孔が形成され、前記光出射孔の周縁にて前記柱状部分の端面とコンタクトされる第 2 の電極と、

前記第 2 の電極の前記光出射孔を覆って形成された第 2 の反射ミラーと、

前記多層の半導体層中にて、前記光出射孔と対向する領域を複数の発振領域に仕切る位置に配置され、該仕切り位置を含む前記垂直方向の領域で発振されるレーザ光の発振モードを、前記複数の発振領域で発振されるレーザ光の発振モードと異ならせる材質にて形成された仕切り部材と、

を有することを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項 9】 請求項 8 において、

前記仕切り部材は、前記活性層中の前記仕切り位置に形成された、レーザ発振しない非発光部であることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項 10】 請求項 8 において、

前記仕切り部材は、柱状に形成された前記クラッド層の屈折率を、前記仕切り位置にて他の位置と異ならせることで形成されていることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項 11】 請求項 8 乃至 10 のいずれかにおいて、

前記仕切り部材により仕切られて隣接する前記発振領域の横断面の中心間距離を、 $7\mu\text{m}$ 未満に設定したことを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項 12】 請求項 8 乃至 10 のいずれかにおいて、

前記仕切り部材により仕切られて隣接する前記発振領域

の横断面の中心間距離を、 $5.5\mu\text{m}$ 以下に設定したことを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項13】 請求項12において、

各々の発振領域は、前記仕切り部材により仕切られて隣接する前記発振領域の横断面の中心同士を結ぶ線と平行な一辺又は直径が、 $2\sim 5\mu\text{m}$ であり、

隣接する前記発振領域間に位置する前記仕切り部材は、前記中心同士を結ぶ線と平行な幅が、 $0.5\sim 3.5\mu\text{m}$ であることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項14】 請求項1乃至13のいずれかにおいて、

前記柱状部分は、前記半導体基板と平行な横断面が、長辺及び短辺から成る矩形であることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項15】 請求項14において、

前記長辺の長さを、 $30\mu\text{m}$ 以下としたことを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体基板と垂直な方向にレーザ光を発振する面発光型半導体レーザに関する。さらに詳しくは、比較的狭い間隔で配列された複数の発光スポットから、位相同期されたレーザ光を発振することのできる面発光型半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】本出願人が既に提案した面発光型半導体レーザとして、特開平4-363081号に開示された2種のものが知られている。この2種のレーザを、図10、図11にそれぞれ示す。

【0003】これらの面発光型半導体レーザは、その共通する構成として、例えばn型半導体基板10の下面にn型の第1の電極12を有している。n型半導体基板10の上側には、n型バッファ層14を介して第1の反射ミラー16が形成されている。この第1の反射ミラー16の上に、n型クラッド層18、p型活性層20、p型クラッド層22及びp型コンタクト層24が順次エピタキシャル成長されている。

【0004】図10に示す面発光型半導体レーザでは、p型クラッド層22及びp型コンタクト層24を柱状に残して、その周囲をエッチングすることで、1本の柱状部分26が形成されている。図11に示す構造では、柱状部分26が複数形成され、二つの柱状部分26、26の間に分離溝27が形成されている。

【0005】図10及び図11に示す構造では、柱状部分26の周囲に、I-III族半導体エピタキシャル層にて構成される埋込み層28が埋込み形成されている。

【0006】さらに、図10に示すように、柱状部分26の端面に臨んで開口部32を有する第2の電極30が、p型コンタクト層24及び埋込み層28の表面に形成されている。図11に示すレーザ構造においては、第

2の電極30に形成された開口部32が、複数の柱状部分26及びその間の分離溝27と対向する領域に亘って配置されている。

【0007】さらに、各半導体レーザの開口部32には、第2の反射ミラー34が形成されている。

【0008】この2種の面発光型半導体レーザによれば、一對の第1、第2の第1の反射ミラー16、34と、その間に形成された多層の半導体層18~24により光共振器を形成している。そして、第1、第2の電極12、30を介して、光共振器に電流が注入されると、光共振器内部にて光が発生すると共に、一對の第1、第2の反射ミラー16、34間で多重反射されて増巾され、反射率の低い第2の反射ミラー34を介して、半導体基板10と垂直な方向にレーザ光が射出されることになる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】この種の面発光型半導体レーザにおいては、レーザ光の放射角を狭くすることが課題として挙げられている。その理由は、レーザ光の放射角が広い場合には、図12に示すように、比較的大口径のレンズ40を用いて平行光を得る必要があり、この半導体レーザをレーザビームプリンタまたは光ピックアップ等の応用機器に適用する場合に、レンズの大口径化等に起因して、光学系が複雑化するという問題があった。

【0010】一方、図13に示すように、レーザ光の放射角を狭くできれば、このレーザ光から平行光を得るために必要なレンズ42の制約が緩くなり、この半導体レーザを上述の応用機器に適用した場合に光学系を簡略化できるという利点がある。

【0011】図10及び図11に示す面発光型半導体レーザが発光遠視野線（ファール・フィールド・パターン：FFP）の強度と放射角との関係を、図14に示す。図10に示す面発光型半導体レーザの発光スポットは、一つの開口部32と対応して一つである。この発光スポット径を例えば $2.4\mu\text{m}$ とした場合に、図14に特性Aで示すように、レーザ光の半値放射角は 8.5° となり比較的大きな放射角となっている。

【0012】一方、図11に示す面発光型半導体レーザでは、複数の柱状部分26に対応して発光スポットが複数となるが、FFPの強度分布を観察すると、位相同期による光の干渉効果により、遠視野にて見掛け上一本のビームとなるレーザ光の放射角が狭くなることが観測された。すなわち、図14に示すように、放射角 0° 付近に生ずるメインピークBの半値放射角は、図10の構造を有するレーザより射出されるレーザ光の半値放射角 8.5° （特性A）よりもかなり小さくなっている。

【0013】しかしながら、図11に示す構造のレーザによれば、放射角 0° 付近のメインピークBの他に、図14に示すように放射角 $\pm 6^\circ$ 付近に、第2次の干渉効

果によるサブピークCが生ずることが観測された。

【0014】このサブピークCは、実際上は無駄な光となり、その分メインピークBのレーザ光の強度が低下することになる。

【0015】本発明者等の解析によれば、このサブピークCの発生は、図11に示す二つの柱状部分26の横断面の中心の間の距離P、すなわち発光スポット間距離が $7\mu\text{m}$ と広いことに起因していることが、シミュレーションにより確認された。

【0016】図11に示す二つの柱状部分26の中心間距離Pを狭くできれば、上述の問題は解消できるが、 $P < 7\mu\text{m}$ と設定することは、下記の二つの問題により実現不能であることが判明した。

【0017】(1) その一つの理由として、図11に示すレーザ構造によれば、間隔を狭くするためには、柱状部分26の横断面の大きさを小さくしなければならない。すると、開口部32の大きさと電極コンタクト面積も同時に小さくなり、レーザ光の出力の低下や素子抵抗の増加を引き起こし、レーザの発振特性が悪くなる。

【0018】(2) 二つの柱状部分26の中心間距離Pを小さくするためには、二つの柱状部分26の間の分離溝27の幅も狭くしなければならないが、この幅を狭くするにも限界があるからである。分離溝27の幅を狭くすると、この狭い分離溝27を形成するためのエッチング工程、あるいはその後狭い分離溝27に埋込み層28を形成する埋込工程での歩留まりが著しく低下してしまう。

【0019】上述の(1)、(2)を考慮すると、二つの柱状部分26の中心間距離Pを $7\mu\text{m}$ 未満に設定することは、実用上きわめて困難であることが判明した。

【0020】ところで、二つの発光スポット間距離Pを $7\mu\text{m}$ とする他のレーザ構造が、1990年5月21日に発行されたAmerican institute of Physicsの第2089頁～第2091に開示されている。この文献のFig. 1と同一構造を示す図15に示すように、半導体基板10及びその上に形成された第1の反射ミラー16の上側には、多層の半導体層18, 20, 22が形成され、この多層の半導体層の上には、三つの開口部32を有する第2の電極30が形成されている。

【0021】上述の文献の記載によれば、開口部32は 3×3 個のマトリクス状に配置され、一つの開口部32は $5 \times 5\mu\text{m}$ の正方形にて形成されている。また、二つの開口部32, 32間の第2の電極30の幅は $2\mu\text{m}$ に設定されている。従って、二つの開口部32, 32の中心間距離 $P = 5 + 2 = 7\mu\text{m}$ となっている。

【0022】この文献に開示された面発光型半導体レーザにおいても、位相同期したレーザ光を得ることができるが、位相同期が不安定であった。

【0023】この文献に開示された面発光型半導体レー

ザにおいては、上述の二つのタイプのレーザとは異なり、光共振部に柱状部分が形成されていない。従って、1つの開口部32から所望強度のレーザ光を出射するためには、その1つの開口部32の直径を比較的大きく(例えば $5 \times 5\mu\text{m}$)せざるを得ず、これに起因して二つの開口部32, 32の中心間距離Pをより狭くすることに限界があった。

【0024】そこで、本発明の目的とするところは、面発光型半導体レーザの構造を改良することで、発光面上で隣接する二つの発光スポットの中心間距離をより狭く設計する際の制約を少なくできる面発光型半導体レーザを提供することにある。

【0025】本発明の他の目的は、発光面上で隣接する二つの発光スポットの中心間距離を狭くすることで、放射レーザ光のサブピークの発生を低減することのできる面発光型半導体レーザを提供することにある。

【0026】

【課題を解決するための手段及びその作用】請求項1記載の面発光型半導体レーザは、半導体基板の片面に一对形成される第1, 第2の反射ミラー間に多層の半導体層が設けられ、この多層の半導体層のうち少なくともクラッド層が柱状にエッチングにされて柱状部分となり、この柱状部分の周囲に絶縁性の埋込み層が形成されている。この構造を有する面発光型半導体レーザの特徴として、柱状部分の端面側に形成される光出射側の第2の電極は、柱状部分の端面に臨んで複数の開口部を有し、各々の開口部の周縁部が柱状部分の端面とコンタクトされている。

【0027】この請求項1に記載の発明によれば、1本の柱状部分の端面に臨んで複数の開口部が形成されているため、図11に示す構造と異なり、分離溝27を有する場合の制約がなくなり、その分二つの開口部の中心間距離を接近させることができる。また、1本の柱状部分の横断面の範囲で複数の開口部が形成されるため、レーザ発振する最適な大きさに柱状部分の横断面積を設定しても、二つの開口部同士を接近させることが可能となる。

【0028】さらに、柱状部分の周囲には絶縁性の埋込層が形成されているため、光共振器の1部を構成する柱状部分での光及び電流漏れが少なくなり、図15に示す従来例のように開口部の面積を大きくする要請もなく、このことによっても開口部同士を接近させることが可能となる。

【0029】上述のレーザ構造によれば、第2の電極の直下の領域は、図11に示す分離溝27を形成した場合と同様な効果を得ることができる。すなわち、第2の電極の直下の領域にて反射される光は、下記の二つの理由により、レーザ光として用いることができないからである。

【0030】その理由の、一つは、第一、

域においては、開口部に臨んで形成される第2の反射ミラーに比べて反射率が低いことである。他の理由は、第2の電極にて光エネルギーが吸収され、光の位相ずれが生ずることである。この二つの理由から、電極直下の領域に生ずる光の発振モードは、開口部と対向する領域に生ずる光の発振モードとは著しく異なり、相接近された複数の開口部からの光のみをレーザ光として出力させることができる。しかも、各開口部から出射されるレーザ光のエネルギーピークは、開口部のほぼ中心に位置する。一つの光共振器は、電極直下の位置で生ずる発振モードの異なる光により分離され、各開口部の直下にそれぞれ見掛け上分離された光共振器が形成されるからである。

【0031】また、図10及び図11に示す半導体レーザと比較すると、請求項1の半導体レーザは、一つの柱状部分に臨んで複数の開口部を有する第2の電極を形成していることから、柱状部分の端面とコンタクトする第2の電極のコンタクト面積を増大することができる。これにより、コンタクト抵抗が小さくなり、半導体レーザでの発熱を低減することができる。

【0032】さらに、各開口部の周縁が第2の電極として形成されていることから、各開口部に対応する発振領域に対して、開口部の周縁から均一に電流を注入することができる。これにより、開口部の中心と対応する位置の活性層に通電すべき電流密度を容易に高くすることができる。

【0033】請求項2に記載の面発光型半導体レーザは、請求項1のレーザと異なる点として、第2の電極が一つの光出射孔を有する点と、この第2の電極に形成された一つの光出射孔内を複数の開口部に仕切る仕切り部材を有する点である。この仕切り部材は、光出射孔を複数の開口部に仕切る仕切り位置下方の領域で発振されるレーザ光の発振モードを、開口部と対向する領域で発振されるレーザ光の発振モードと異ならせる材質にて形成されている。

【0034】請求項2の発明は、請求項1の発明と比較した場合に第2の電極のコンタクト面積が減少する点を除いて、請求項1の発明と同様の作用、効果を奏することができる。

【0035】請求項3に示すように、仕切り部材の材質としては、多層半導体層と異なる屈折率をもつ材質、例えば Ta_2O_5 、 SiO_2 、 SiN 等を挙げることができる。

【0036】請求項4に示すように、前記仕切り部材の他の材質として、仕切り位置下方の領域で発振されるレーザ光の発振波長を、開口部と対向する領域で発振されるレーザ光の発振波長と異ならせる材質、例えば GaAs 、アモルファス Si 、金属などを挙げることができる。

【0037】上述の構造を採用することで、請求項5に

示すように、隣接する二つの開口部の中心間距離を、 $7\mu\text{m}$ 未満に設定することができ、従来よりも開口部同士をより接近させることが可能となる。

【0038】さらに、図13に示すサブピークCを低減する観点からは、請求項6に示すように、隣接する二つの開口部の中心間距離を、 $5.5\mu\text{m}$ 以下に設定するとよい。本発明者等の解析によれば、メインピークのレーザ光のエネルギー強度を E_1 とし、サブピークのレーザ光のエネルギー強度を E_2 としたとき、 E_2 が E_1 の $1/e^2$ の値（ e は自然対数）、すなわち約13.5%以下となれば、サブピークCをほとんど無視でき、上記の中心間距離を $5.5\mu\text{m}$ 以下にすると、この関係を満足することが確認された。

【0039】二つの開口部の中心間距離を $5.5\mu\text{m}$ 以下に設定する方法として、請求項7に示すように、各々の開口部は、隣接する開口部の中心同士を結ぶ線と平行な一辺または直径が $2\sim 5\mu\text{m}$ であり、隣接する開口部に位置する第2の電極または仕切り部材は、隣接する開口部の中心同士を結ぶ線と平行な幅が $0.5\sim 3.5\mu\text{m}$ とすることができる。

【0040】請求項8の発明は、請求項2に定義された仕切り部材を、柱状部分の端面に配置することに代えて、多層の半導体層中に形成している。請求項8の発明によれば、仕切り部材は、多層の半導体層中にて、光出射孔と対向する領域を複数の発振領域に仕切る位置に配置され、その仕切り位置を含む垂直方向の領域で発振されるレーザ光の発振モード、複数の発振領域で発振されるレーザ光の発振モードと異ならせる材質にて形成されている。

【0041】この請求項8の発明は、請求項2の発明と比較して、仕切り部材の位置が異なるのみで、その作用効果は全く同一である。

【0042】半導体層中に形成される仕切り部材としては、請求項9に示すように、活性層中にレーザ発振しない非発光部を、仕切り位置に対応させて形成することができる。この非発光部は、例えば活性層中の特定場所にイオン打ち込みを行うこと等により形成できる。

【0043】仕切り部材の他の例としては、請求項10に示すように、柱状に形成されたクラッド層の屈折率を、仕切り位置にて異ならせることで形成することができる。クラッド層の一部に不純物拡散等を行うことで、クラッド層の屈折率を局所的に変更することが可能である。

【0044】上述の請求項8の発明においても、請求項11～13に示すように、仕切り部材により仕切られて隣接する発振領域の横断面の中心間距離を、好ましくは $7\mu\text{m}$ 未満とし、さらに好ましくは $5.5\mu\text{m}$ 以下に設定することができる。

【0045】複数の開口部または複数の発振領域を接近させた上述のレーザ構造においては、柱状部分の横断面

の形状を、請求項14に示すように、長辺及び短辺からなる矩形に設定するとよい。

【0046】こうすると、柱状部分を含む光共振器にて発振されるレーザ光の偏波面は、短辺と平行な方向に一致し、複数の開口部または複数の発振領域からそれぞれ発振されるレーザ光の偏波面を、一方向に揃えることができる。

【0047】このとき、請求項15に示すように、開口部の長辺の長さを $30\mu\text{m}$ 以下に設定することが好ましい。

【0048】長辺の長さを $30\mu\text{m}$ 以上に設定すると、直径に応じた比較的大電流を共振器に通電しなければならない。そうすると、面発光型半導体レーザ自体が発熱し、最悪の場合にレーザ発振しない場合も生ずるからである。また、共振器径が大きいと高次横モード発振しやすくなり、位相を同期させにくくなる。

【0049】なお、レーザ光の偏波面を一方向に揃える手段としては、第2の電極に形成された開口部の形状を、短辺及び長辺からなる矩形に形成することでもよい。この場合には、柱状部分の横断面は、上述の矩形以外の形状、例えば円形とすることができる。円形断面の柱状部分の場合、その直径を $30\mu\text{m}$ 以下に設定することが好ましい。

【0050】

【実施例】

(第1実施例) 図2は、本発明の一実施例における面発光型半導体レーザ装置の発光部の断面を模式的に示す斜視図であり、図1は、図2の半導体レーザ装置から上側ミラーのみを説明の便宜上省略した断面図である。

【0051】(レーザ構造) 図1及び図2に示す半導体レーザ装置100は、n型GaAs基板102上に、n型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 層とn型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層を交互に積層し波長 800nm 付近の光に対し99.5%以上の反射率を持つ40ペアの分布反射型多層膜ミラー(以下これを「DBRミラー又は第1の反射ミラー」と表記する)103、n型 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 層からなる第1クラッド層104、n⁻型GaAsウエル層とn⁻型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ バリア層から成り該ウエル層が21層で構成される量子井戸活性層105(本実施例の場合は、多重量子井戸構造(MQW)の活性層となっている)、p型 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 層からなる第2クラッド層106およびp⁺型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層からなるコンタクト層109が、順次積層して成る。そして、第2クラッド層106の途中まで、半導体の積層体の上面からみて例えば矩形状にエッチングされて、その柱状部分114の周囲が、熱CVD法により形成された SiO_2 等のシリコン酸化膜(SiO_x 膜)からなる第1絶縁層107と、ポリイミド等の耐熱性樹脂等からなる第2絶縁層108で埋め込まれている。

【0052】第1絶縁層107は、第2クラッド層10

6およびコンタクト層109の表面に沿って連続して形成され、第2絶縁層108は、この第1絶縁層107の周囲を埋め込む状態で形成されている。

【0053】第2絶縁層108としては、前述のポリイミド等の耐熱性樹脂の他に、 SiO_2 等のシリコン酸化膜(SiO_x 膜)、 Si_3N_4 等のシリコン窒化膜(Si_3N_x 膜)、 SiC 等のシリコン炭化膜(SiC_x 膜)、 SiO_x (スピノングラス法による SiO_2 等の SiO_x)膜などの絶縁性シリコン化合物膜、あるいは多結晶のI-III族化合物半導体膜(例えばZnSeなど)でもよい。これら、絶縁膜の中でも、低温で形成可能である SiO_2 等のシリコン酸化膜、ポリイミドまたは SiO_x 膜を用いるのが好ましい。さらには、形成が簡単であり、容易に表面が平坦となることから SiO_x 膜を用いるのが好ましい。

【0054】また、例えばCrとAu-Zn合金で構成されるコンタクト金属層(上側電極又は第2の電極)112は、コンタクト層109と接触して形成され、電流注入のための電極となる。

【0055】本実施例の特徴として、この上側電極112には、柱状部分114の端面に位置するコンタクト層109に臨んで開口する、複数例えば四つの開口部112aが形成されている(図1参照)。したがって、上側電極112は、コンタクト層109の矩形的端面の周縁領域と、その中央の十文字領域とで、コンタクト層109とコンタクトしている。

【0056】この開口部112aと対向する領域、すなわち、コンタクト層109の上側電極112で覆われていない部分は、4ヶ所にて例えば正方形に露出している。そして、そのコンタクト層109の露出面を十分に覆う面積で、 SiO_2 等の SiO_x 層と Ta_2O_5 層を交互に積層し波長 800nm 付近の光に対し98.5~99.5%の反射率を持つ7ペアの誘電体多層膜ミラー(第2の反射ミラー)111が形成されている。また、n型GaAs基板102の下には、例えばNiとAu-Ge合金から成る電極用金属層(下側電極又は第1の電極)101が形成されている。

【0057】そして、上側電極112と下側電極101との間に順方向電圧が印加されて(本実施例の場合は、上側電極112から下側電極101への方向に電圧が印加される)電流注入が行なわれる。注入された電流は、量子井戸活性層105で光に変換され、DBRミラー103と誘電体多層膜ミラー111とで構成される反射鏡の間をその光が往復することにより増幅され、4箇所の開口部112aから第1の方向110すなわち基板102に対して垂直方向にレーザ光が放射される。

【0058】ここで、図1のシリコン酸化膜(SiO_x 膜)からなる第1絶縁層107は、膜厚が500~2000オングストロームで、常圧の熱CVD法により形成されたものである。耐熱性樹脂等からなる第2絶縁層108は、

素子の表面を平坦化するために必要なものである。たとえば、耐熱性樹脂には高抵抗を有するものの、膜中に水分の残留が発生しやすく、直接、半導体層と接触させると、素子に長時間通電した場合に半導体との界面に於てボイドが発生し素子の特性を劣化させる。そこで、本実施例の様に、第1絶縁層107のような薄膜を半導体層との境界に挿入すると、第1絶縁層107が保護膜となり前述の劣化が生じない。第1絶縁層を構成するシリコン酸化膜(SiO_2 膜)の形成方法には、プラズマCVD法、反応性蒸着法など種類があるが、 SiH_4 (モノシラン)ガスと O_2 (酸素)ガスを用い、 N_2 (窒素)ガスをキャリアガスとする常圧熱CVD法による成膜方法が最も適している。その理由は、反応を大気圧で行い、更に O_2 が過剰な条件下で成膜するので SiO_2 膜中の酸素欠損が少なく緻密な膜となること、および、ステップ・カバレッジが良く、共振器部114の側面および段差部も平坦部と同じ膜厚が得られることである。

【0059】なお、本実施例では、埋込層を第1、第2絶縁層107、108で構成したが、これに代えて、例えばII-VI族半導体エピタキシャル層等の同一層にて形成することもできる。

【0060】(製造プロセス)次に、図2に示す面発光型半導体レーザ100の製造プロセスについて説明する。図4(A)~(C)および図5(A)~(C)は、面発光型半導体レーザ装置の製造工程を示したものである。

【0061】n型GaAs基板102に、n型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層とn型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 層とを交互に積層して波長800nm付近の光に対し99.5%以上の反射率を持つ40ペアのDBRミラー103を下部ミラーとして形成する。さらに、n型 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 層(第1クラッド層)104を形成した後、n型GaAsウエル層とn型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ バリア層とを交互に積層した量子井戸構造(MQW)の活性層105を形成する。その後、p型 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 層(第2クラッド層)106、およびp型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層(コンタクト層)109を順次積層する(図4(A)参照)。

【0062】上記の各層は、有機金属気相成長(MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy)法でエピタキシャル成長させた。この時、例えば、成長温度は750℃、成長圧力は150 Torrで、III族原料にTMGa(トリメチル亜鉛)、TMAI(トリメチルアルミニウム)の有機金属を用い、V族原料に AsH_3 、n型ドーパントに H_2Se 、p型ドーパントにDEZn(ジエチルジンク)を用いた。

【0063】各層の形成後、エピタキシャル層上に常圧熱CVD法を用いて、250オングストローム程度の SiO_2 層からなる保護層Iを形成する。この保護層Iが

積層された半導体層を覆うことにより、プロセス中の表面汚染を防いでいる。

【0064】次に、反応性イオンビームエッチング(RIBE)法により、レジストパターンR1で覆われた柱状部分114を残して、第2クラッド層106の途中までエッチングする。このエッチングプロセスの実施により、柱状部分114は、その上のレジストパターンR1の輪郭形状と同じ断面を持つ(図4(B)参照)。また、RIBE法を用いるため、前記柱状部分114の側面はほぼ垂直であり、またエピタキシャル層へのダメージもほとんどない。RIBEの条件としては、例えば、圧力60mPa、入力マイクロ波のパワー150W、引出し電圧350Vとし、エッチングガスには塩素およびアルゴンの混合ガスを使用した。このドライエッチングにおいては、基板の温度を好ましくは0~40℃、より好ましくは10~20℃に設定される。このように基板の温度を比較的低温に保持することにより、ドライエッチング時の半導体層のサイドエッチングを抑制することができる。ただし、基板の温度が0~10℃であると、サイドエッチングを抑制するという点からは好ましいが、エッチングレートが遅くなってしまうために実用的には不向きである。また、基板の温度が40℃を越えると、エッチングレートが大きくなりすぎるため、エッチング面が荒れてしまうだけでなく、エッチングレートの制御がしにくいという不都合がある。なお、従来の図11の構造とは異なり、分離溝27をエッチングにより形成する必要がないため、エッチングの歩留まりの向上が期待できる。

【0065】この後、レジストパターンR1を取り除き、常圧熱CVD法で、表面に1000オングストローム程度の SiO_2 層(第1絶縁膜)107を形成する。この際のプロセス条件としては、例えば、基板温度450℃、原料として SiH_4 (モノシラン)と酸素を使用し、キャリアガスには窒素を用いた。さらにこの上にスピコート法を用いてSOG(Spin on Glass)膜108Lを塗布し、その後例えば、80℃で1分間、150℃で2分間、さらに300℃で30分間、窒素中でベーキングする(図4(C)参照)。この埋め込み工程も、図11のように分離溝27を埋め込む必要がないため、歩留まりの向上が期待できる。

【0066】次にSOG膜108Lと SiO_2 膜107をエッチバックして、露出したコンタクト層109の表面と面一になるように平坦化させた(図5(A)参照)。エッチングには平行平板電極を用いた反応性イオンエッチング(RIE)法を採用し、反応ガスとして、 SF_6 、 CHF_3 およびArを組み合わせ使用した。

【0067】次に、コンタクト層109と接触する上側電極112を公知のリフトオフ法により形成した(図5(B)参照)。コンタクト層109は上側電極112の四つの開口部112aを介して露出しており、この露出部...

面を十分に覆うように誘電体多層膜ミラー（上部ミラー）111を公知のリフトオフ方法により形成する（図5（C）参照）。上部ミラー111は、電子ビーム蒸着法を用いて、 SiO_2 層と Ta_2O_5 層を交互に例えば7ペア積層して形成され、波長800nm付近の光に対して98.5～99.5%の反射率を持つ。この時の蒸着スピードは、例えば SiO_2 が5オングストローム/分、 Ta_2O_5 層が2オングストローム/分とした。

【0068】しかる後、基板102の下面に、NiとAuGe合金とからなる下側電極101が形成されて、面発光型半導体レーザ装置が完成する。

【0069】（レーザ発振動作）本実施例の半導体レーザ装置によれば、接近して配置された四つの開口部112aを介して、この各開口部112aのほぼ中心にエネルギーピークを有するレーザ光であって、かつ、位相同期したレーザ光がそれぞれ出射されることになる。このレーザの発振動作について説明する。

【0070】図1及び図2に示す上側電極112及び下側電極101を用いて、一对の反射ミラー103、111及びその間に形成された多層の半導体層から成る光共振器内に電流注入が行われる。このとき、各開口部112aの周縁にそれぞれ上側電極112が形成されているため、開口部112aの周方向ではほぼ均一に電流注入を行うことができ、この開口部112aのほぼ中心位置と対向する量子井戸活性層105の中央領域に、電流密度の高い電流を注入することが可能となる。しかも、図1に示す従来の半導体レーザと比較して、コンタクト層109にコンタクトされる上側電極112のコンタクト面積を増大することができるので、コンタクト抵抗が減少し、半導体レーザ装置での発熱量を低減させることができる。

【0071】この電流注入により、量子井戸活性層105で光が発生し、開口部112aと対向する発振領域にて生成されたこの光は、DBRミラー103と誘電体多層膜ミラー111の間で多重反射されることで増幅される。しかも、注入された電流及び生成され増幅された光は、柱状部分114の周囲に埋め込まれた第1、第2絶縁層107、108により閉じこめられ、効率よくレーザ発振動作を行うことができる。

【0072】一方、図1に示す電極幅Wが設定された十文字状の上側電極112の直下の領域においても、同様なレーザ発振が行われることになる。しかしながら、図1に示すように、この電極幅Wの上側電極112直下での発振モードと、開口部112aと対向する領域での発振モードとは、互いに異なっている。

【0073】開口部112aと対向する発振領域においては、この領域内を導波されるレーザ光は、コンタクト層109と誘電体多層膜ミラー111との界面にて波の腹が位置する波長及び位相となる。これに対して、電極幅Wの上側電極112の直下の領域においては、この電

極112にてレーザ光のエネルギー吸収が生ずる分、発振モードが異なる。すなわち、電極幅Wの上側電極112の直下の領域では、この電極112の下面に波の節が位置する波長及び位相のレーザ光が生ずることになる。

【0074】電極幅Wの上側電極112の直下の領域で生ずるレーザ光は、光出力として得られず、むしろ、一つの柱状部分114内の発振領域を分離するように作用し、従来の図11の分離溝と同様な機能を果たすことになる。なお、電極幅Wの上側電極112の直下の領域でのレーザ発振動作に寄与する電流が消費され、その分注入電流が増大するが、柱状の共振器としていることと、上述のようにコンタクト抵抗の減少とにより、実用範囲内の電流増加でおさえることができる。

【0075】このように、本実施例では、電極幅Wの十文字状の上側電極112により、一つの共振器内の発振領域を、四つの開口部112aと対応するように分離することができ、各開口部112aにエネルギーピークを有するレーザ光であって、しかも各開口部112aが接近しているため、互いに位相同期がとれたレーザ光を出射させることが可能となる。

【0076】（柱状部分、開口部及び開口ピッチの寸法）次に、図3を参照して、図1及び図2に示す面発光型半導体レーザの各部の寸法について説明する。なお、本実施例においては、柱状部分114は、長辺114a及び短辺114bからなる矩形であり、上側電極112の4ヶ所に形成された開口部112aは正方形となっている。

【0077】図3に示すアルファベットは、下記の各寸法を示している。

【0078】

L1：柱状部分114の長辺114aの長さ

L2：柱状部分114の短辺114bの長さ

L3：開口部112の一辺の長さ

W：隣接する二つの開口部112a間に位置する上側電極112の幅

P：隣接する二つの開口部112aの中心間距離

まず、柱状部分114の長辺の長さL1について考察すると、 $L1 \leq 30 \mu\text{m}$ と設定することが好ましい。L1 $> 30 \mu\text{m}$ とすると、この柱状部分114を含む光共振器に注入すべき電流が増大し、これにより半導体レーザでの発熱が増大するため、レーザ発振しなくなることが考えられるからである。

【0079】この柱状部分114を、長辺114a及び短辺114bからなる矩形とした理由は、4つの開口部112aからそれぞれ出射されるレーザ光の偏波面を、柱状部分114の短辺114bと平行な方向に揃えるためである。この長辺114aの長さL1及び短辺114bの長さL2の関係は、

1. $1 \times L2 \leq L1 \leq 1.5 \times L2$

とするとよい。L1が1.1 $\times L2$ 未満であると、偏波

面制御の効果が十分に発揮されず、また、レーザ発振しきい値電流が増大することを抑制する観点から、 $1.5 \times L_2$ を越えないことが望ましい。なお、本実施例においては、長辺 $L_1 = 22 \mu\text{m}$ 、短辺 $L_2 = 20 \mu\text{m}$ に設定している。

【0080】次に、相隣接する二つの開口部112aの中心間距離Pについて考察する。この中心間距離Pは、 $P = W + L_3$ として求められる。

【0081】本発明の課題の一つは、この中心間距離Pを狭く設定することであり、そのためには、開口部112aの一辺の長さ L_3 を短くするか、それに代えて、あるいはそれに加えて、上側電極112の電極幅Wを短く設定する必要がある。

【0082】まず、上側電極112に形成される開口部112aの形状について考察すると、本実施例では、一つの柱状部分114と対向させて複数の開口部112aを形成しているので、従来の図11に示す半導体レーザとは異なり、開口部112aのピッチPは、柱状部分114の横断面積の制約を受けることがない。換言すれば、柱状部分114の横断面積を、最適なしきい値電流となるように設定しても、この柱状部分114の横断面積の範囲内で、所望の数及び大きさの開口部112aを形成することができる。従って、図11に示す従来の半導体レーザと比較して、本実施例の開口部112aをより小さく形成することが可能となる。

【0083】また、上側電極112の電極幅Wについて考察すると、従来の図11に示す半導体レーザでは、分離溝の幅がこの寸法Wに対応するが、分離溝の幅はエッチング工程又は埋込層の形成工程の歩留まり考慮すると、 $1 \mu\text{m}$ が限界であり、 $1 \mu\text{m}$ の値に設定した場合には、トレンチ状の分離溝のエッチング工程及びその後の埋込工程のプロセスが極めて複雑になるという問題があった。

【0084】本実施例においては、この上側電極112の電極幅Wは、フォトリソグラフィ工程に用いられるレジストのパターン幅の限界寸法まで狭めることができる。

【0085】上記のことを考慮すると、本実施例においては、二つの開口部の中心間距離Pは、一つの開口部112aの一辺の長さ L_3 を短縮し、さらに加えて上側電極112の電極幅Wを短く設定することで、本発明の課題の一つである中心間距離Pの短縮を達成することができる。

【0086】例えば、 $P < 7 \mu\text{m}$ とするためには、上側電極112の電極幅Wの寸法が、現状の技術においても $W \geq 0.5 \mu\text{m}$ と設定できるため、開口部112aの一辺の長さ L_3 を $5.5 \mu\text{m}$ 付近に設定しても、 $P < 7 \mu\text{m}$ を実現することができる。

【0087】このように、 $P < 7 \mu\text{m}$ を実現するために

は、 $0.5 \leq W < 5 \mu\text{m}$ であって、かつ、 $2 \leq L_3 < 6.5 \mu\text{m}$ に設定すればよい。

【0088】また、上述したとおり、二つの開口部112aから出射されるレーザ光同士が干渉することで、FFPに生ずるサブピークC（図14参照）を低減するためには、 $P \leq 5.5 \mu\text{m}$ に設定すればよいことが、本発明者等のシミュレーションにより確認された。

【0089】 $P \leq 5.5 \mu\text{m}$ を実現するためには、 $0.5 \leq W \leq 3.5 \mu\text{m}$ であって、かつ、 $2 \leq L_3 \leq 5 \mu\text{m}$ に設定すればよい。

【0090】なお、上側電極112の電極幅Wは、理論的には、この幅Wの電極にて光のエネルギーを吸収することで、幅Wの電極の直下にて発振されるレーザ光の位相を変更できるものであればよい。このためには、上側電極112の電極幅Wは、共振器中を導波されるレーザ光の波長よりも広げればよい。

【0091】本実施例においては、この半導体レーザより出射されるレーザ光の空気中での波長を λ （例えば $0.8 \mu\text{m}$ ）とすると、空気中と共振器中との屈折率の相違を考慮して上述の電極幅Wの下限値を算出すると、 $W_{\min} = \lambda (0.8 \mu\text{m}) \times 1/3.5$ となる。

【0092】また、上側電極112の電極幅Wは、その下方の領域での発振モードを変化させることができる幅で十分であり、この幅をあまり増大することは好ましくない。なぜなら、この幅Wの上側電極114の下方にて発振される光はレーザ光として用いることができないものであり、電極幅Wを増大させると、その下方の領域で発振されるレーザ光を生成するために要する電流が無駄となるからである。この点から言えば、上側電極114の電極幅Wは、最大でも $3 \mu\text{m}$ に設定するもので足りる。

【0093】（レーザ光の放射角）図14中に特性Dとして、本実施例の半導体レーザ装置より出射されたレーザ光のFFPの強度分布が示されている。この特性Dは、図3に示す相隣接する二つの開口部112aの中心間距離 $P = 3 \mu\text{m}$ に設定したものである。

【0094】図14の特性Dを、従来の図11に示すレーザ装置より出射されたレーザ光の特性B、Cと比較すると、特性Dの半値放射角は、特性Bとして示された図11に示すレーザ装置のメインピークの半値放射角よりも広がっているが、図10に示すレーザ装置の特性Aの半値放射角よりも狭くなっている。さらに、特性Dではサブピークが ± 10 度の放射角の範囲では生ずることがなかった。

【0095】従って、本実施例の半導体レーザ装置を、レーザプリンタあるいは光ピックアップ装置などに応用した場合には、図11に示す従来のレーザ装置のメインピークBのみを使用するものと比較して、エネルギー強度の高いレーザ光を利用するこ

に示すレーザ装置の場合には、サブピーク C が生ずる分だけ、メインピーク B のエネルギー強度が低下するからである。しかも、本実施例の特性 D によれば、サブピークが発生しないため、特別な光学系を用いてサブピークを除去する必要もなくなり、光学系を簡略化することができる。

【0096】（第 2 実施例）次に、図 6 を参照して第 2 実施例に係る半導体レーザ装置について説明する。

【0097】この第 2 実施例では、上側電極 112 が一つの光出射孔 120 を有し、この一つの光出射孔 120 を四つの開口部 112a に仕切るために、コンタクト層 109 上に例えば十文字状の仕切り部材 130 を配置している。

【0098】この仕切り部材 130 は、その下方の領域で発振されるレーザ光の発振モードを、四つの開口部 112a と対向する領域で発振されるレーザ光の発振モードと異ならせる材質にて形成されている。

【0099】発振モードを異ならせる仕切り部材 130 の材質として、例えば、半導体エピタキシャル層 104、105、106 及び 109 とは異なる屈折率を持つ材質が選択される。この種の材質として、 Ta_2O_5 、 SiO_2 、 SiN 等を挙げることができる。

【0100】この種の材質で形成された仕上げ部材 130 を形成するためには、例えば一つの光出射孔 120 を有する上側電極 112 の形成後に、その光出射孔 120 内に Ta_2O_5 などを蒸着し、その後フォトリソグラフィ工程の実施により、十文字状の仕切り部材 130 を残して他の領域をエッチングすればよい。

【0101】仕上げ部材 130 の他の材質としては、仕切り部材 130 の下方の領域で発振されるレーザ光の発振波長を、開口部 112a と対向する領域で発振されるレーザ光の発振波長と異ならせる材質にて形成することもできる。この種の材質としては、 $GaAs$ 、アモルファス Si 、金属などを挙げることができる。

【0102】 $GaAs$ にて仕切り部材 130 を形成する場合には、上述したプロセスと同様に、蒸着工程及びその後のフォトリソグラフィ工程を実施することにより、仕切り部材 130 を金属で形成する場合には、エッチングに時間を要するため、上側電極 112 の形成に用いたリフトオフ工程を採用するとよい。

【0103】この第 2 実施例に係る半導体レーザ装置においても、仕切り部材 130 の下方の領域で発振されるレーザ光の波長が、開口部 112a と対向する発振領域にて発振されるレーザ光の波長と異なるため、第 1 実施例と同様に、各々の開口部 112a から、位相同期されかつ開口部 112a の中心にエネルギーピークを有する四つのレーザ光を出射させることができる。なお、第 2 実施例の開口部 112a、柱状部分 114 の寸法、及び開口部 112a のピッチは、第 1 実施例と同様に設定できる。

【0104】第 1 実施例と異なる点は、仕切り部材 130 により電流注入を行うことができない点であり、この点においては第 1 実施例の方が優れている。

【0105】（第 3 実施例）次に、図 7 を参照して、第 3 実施例に係る半導体レーザ装置について説明する。

【0106】この第 3 実施例においても、第 2 実施例と同様に、上側電極 112 は一つの光出射孔 120 を有する。第 2 実施例と異なる点は、一対のミラー 103、111 の間の多層の半導体層中に、仕切り部材 140 を形成した点にある。

【0107】図 7 は、量子井戸活性層 105 内に、例えばイオン打込法等を用いて例えば十文字状に非発光部を形成し、これを仕切り部材 140 としている。非発光部 140 を形成するためのイオン打込工程は、コンタクト層 109 の形成後に行うことができる。

【0108】図 7 の例に代えて、第 2 クラッド層 106 の一部に、不純物拡散等を行って、第 2 クラッド層 106 の屈折率を局所的に変更して仕切り部材 140 を形成してもよい。この不純物拡散工程も、コンタクト層 109 の形成後に行うことができる。

【0109】この第 3 実施例においても、仕切り部材 140 を含む垂直領域でのレーザ光の発振モードが、その両側の発振領域でのレーザ光の発振モードと異なることができる。従って、第 1、第 2 実施例と同様に、四つの発振領域を介して、位相整合され、かつ、開口部 112a の中心にエネルギーピークを有するレーザ光をそれぞれ出射することができる。特に、図 7 のように非発光部 140 を形成した場合には、無駄に電流が消費されない点で優れている。なお、第 3 実施例の 4 つの発振領域の配列ピッチなどは、第 1、第 2 実施例と同様に設定することができる。

【0110】本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

【0111】柱状部分 114 を矩形として、その短辺方向に偏波面を揃える場合には、開口部 112a の形状としては、図 8 (A) ~ (D) に示すように、数及びその形状を種々変更することができる。また、偏波面の方向を揃えるには、開口部 112a の形状を、図 9 に示すように矩形とし、この開口部 112a の短辺と平行な方向に設定することもできる。この場合には、柱状部分 114 は必ずしも矩形とせず、円形等種々の形状に変更することができる。

【0112】

【発明の効果】以上説明した通り、請求項 1 乃至 15 に記載の発明によれば、レーザ発光面上の発光スポットを近接配置するのに適した構造の面発光型半導体レーザを提供でき、レーザプリンタ、光ピックアップ等のレーザ応用機器に適した放射角の小さいレーザ光を出射することができる。

【0113】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例における面発光型半導体レーザ装置の断面を模式的に示し、上側の反射ミラーを省略した斜視図である。

【図2】図1に示す半導体レーザ装置の断面を模式的に示す斜視図である。

【図3】図2に示す半導体レーザ装置を、上側から見た平面図である。

【図4】(A)～(C)は、それぞれ図2に示す面発光型半導体レーザの製造プロセスを模式的に示す断面である。

【図5】(A)～(C)は、図4に示す製造プロセスに引き続いて行われる製造プロセスを模式的に示す断面図である。

【図6】本発明の第2実施例における面発光型半導体レーザの断面を模式的に示す断面図である。

【図7】本発明の第3実施例における面発光型半導体レーザの断面を模式的に示す断面図である。

【図8】(A)～(D)は、開口部の数及び形状の変形例を示す概略平面図である。

【図9】開口部の形状によりレーザ光の偏波面の方向を揃える変形例を示す概略平面図である。

【図10】従来の半導体レーザ装置の断面を概略的に示す断面図である。

【図11】従来の他の半導体レーザ装置断面を概略的に示す断面図である。

20

【図12】放射角の広いレーザ光を平行光とするための光学系を示す概略説明図である。

【図13】放射角の狭いレーザ光を平行光とするための光学系を示す概略説明図である。

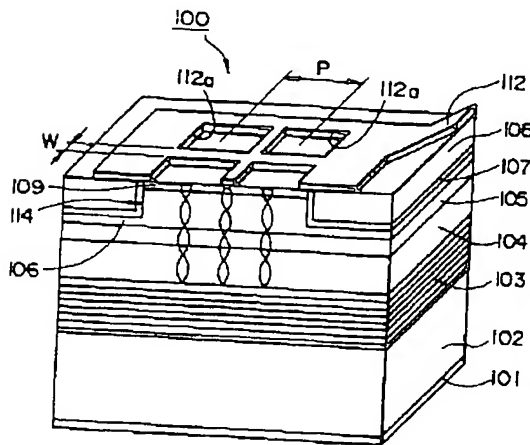
【図14】図2、図10及び図11に示す各半導体レーザ装置から出射されるレーザ光の強度と放射角との関係を示す特性図である。

【図15】従来のさらに他の半導体レーザ装置の断面を模式的に示す断面図である。

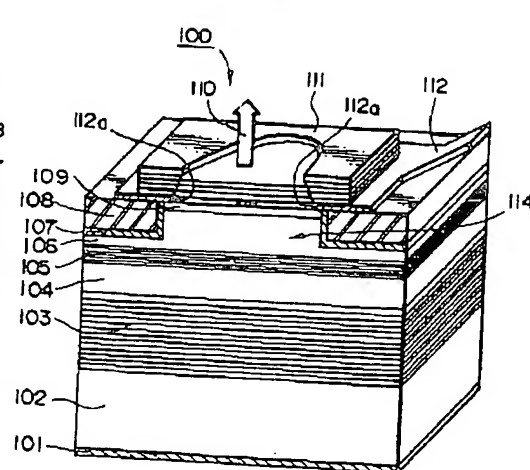
【符号の説明】

- 101 第1の電極
- 102 半導体基板
- 103 第1の反射ミラー
- 104 第1クラッド層
- 105 活性層
- 106 第2クラッド層
- 107, 108 埋込層
- 109 コンタクト層
- 111 第2の反射ミラー
- 112 第2の電極
- 112a 開口部
- 114 柱状部分
- 114a 長辺
- 114b 短辺
- 120 光出射孔
- 130, 140 仕切り部材

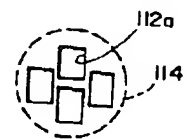
【図1】



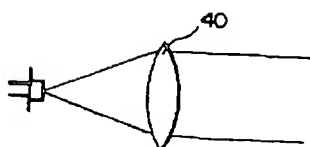
【図2】



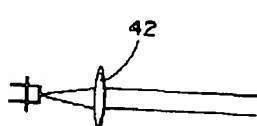
【図9】



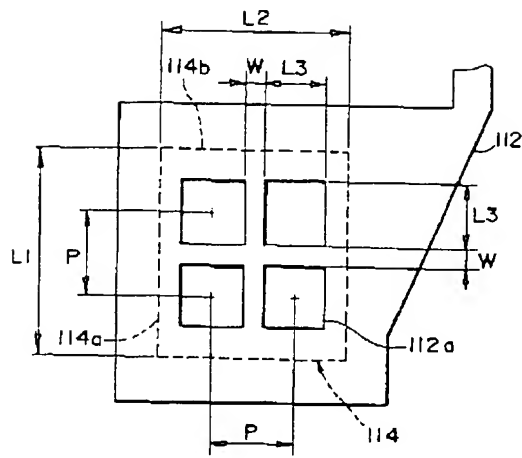
【図12】



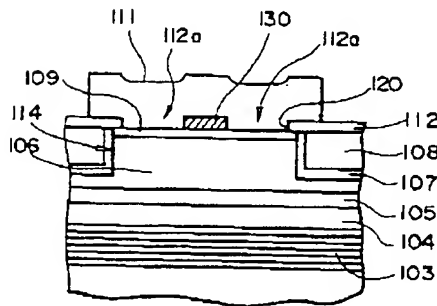
【図13】



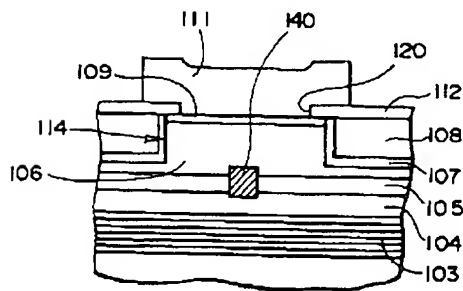
【図3】



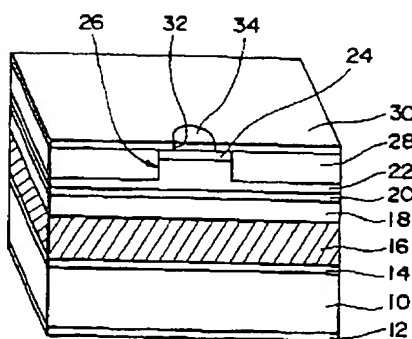
【図6】



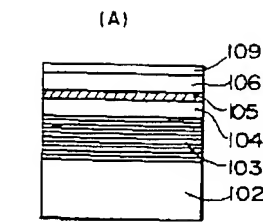
【図7】



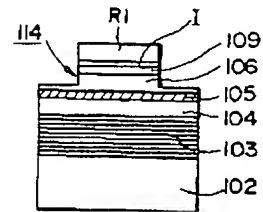
【図10】



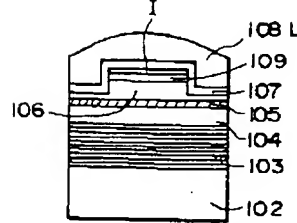
【図4】



(B)

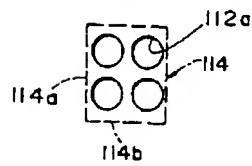


(C)

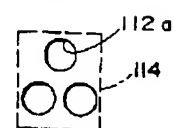


【図8】

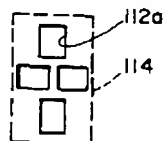
(A)



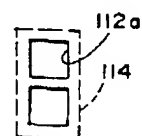
(B)



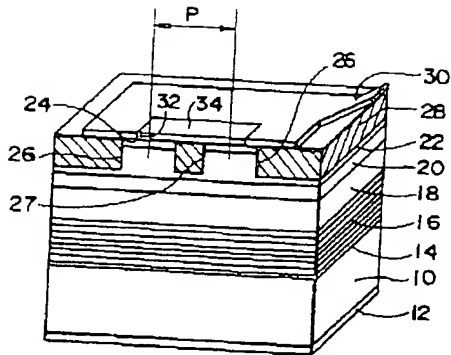
(C)



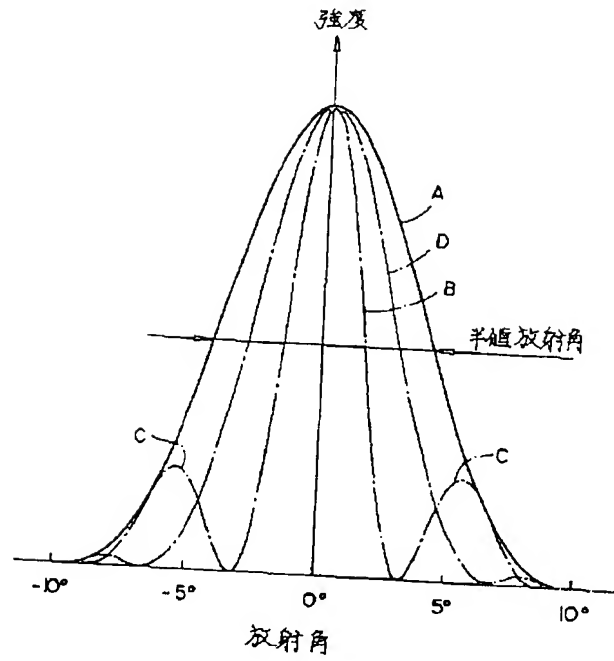
(D)



【図11】



【図14】



【図15】

